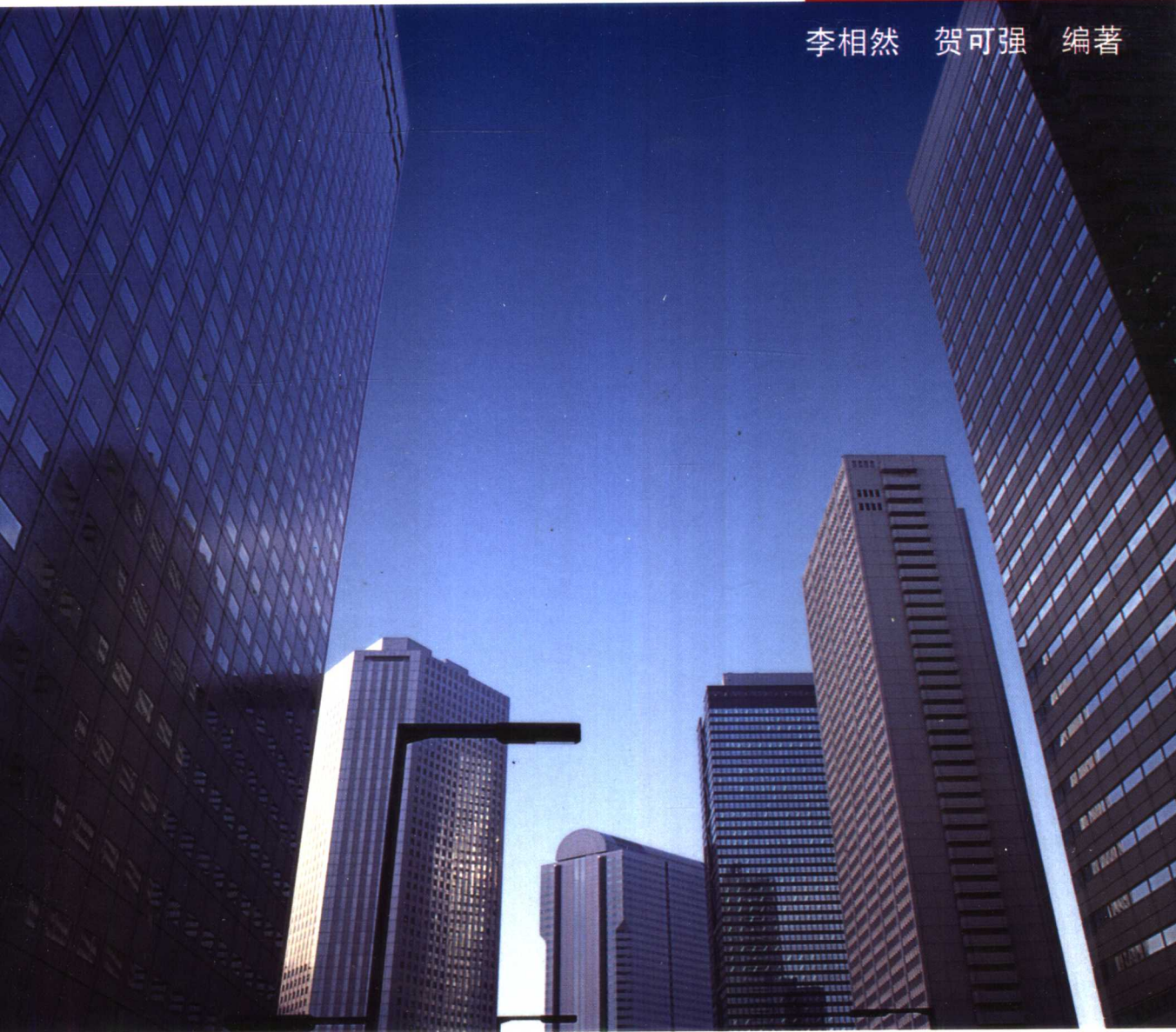


高压喷射注浆技术与应用

李相然 贺可强 编著



中国建材工业出版社

高压喷射注浆技术与应用

李相然 贺可强 编著

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

高压喷射注浆技术与应用/李相然, 贺可强编著. —北京:
中国建材工业出版社, 2007.8
ISBN 978-7-80227-295-8

I. 高… II. ①李… ②贺… III. 水泥浆加固(地基)—研究
IV. TU472.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 080391 号

内 容 提 要

高压喷射注浆技术既是应用很广的一种地基处理方法, 又是一种工艺艺术, 工程师们可以利用该技术在地基处理、防渗加固工程中绘制出优美的施工图案。高压喷射注浆技术具有设备简单、施工方便、速度快、节省材料、效率高、成本低、操作简单、适用范围广等优点, 在土木工程、水利工程、矿山工程、环境工程等领域都有广泛的应用。

本书是研究高压喷射注浆技术原理、工艺与应用的专门著作。本书包含三部分, 即高压喷射注浆技术的原理与工艺、高压喷射注浆技术的应用、高压喷射注浆技术的问题探索与发展展望。具体内容有 10 章, 分别为高压喷射注浆技术的基本原理、高压喷射注浆的设备与材料、高压喷射注浆技术的设计与计算、高压喷射注浆技术的施工与质检、高压喷射注浆技术在水利工程领域中的应用、高压喷射注浆技术在土木工程领域中的应用、高压喷射注浆技术在矿山工程领域中的应用、高压喷射注浆技术在环境工程领域中的应用、高压喷射注浆技术的问题与处理、高压喷射注浆技术发展展望。

本书内容系统全面, 资料翔实, 应用实例丰富, 实用性强, 可供从事土木工程、水利工程、矿山工程、环境工程专业的设计、施工、科研人员学习参考, 也可作为高等院校交通土建专业、水利工程专业的教学参考书。

高压喷射注浆技术与应用

李相然 贺可强 编著

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 20

字 数: 502 千字

版 次: 2007 年 8 月第 1 版

印 次: 2007 年 8 月第 1 次

书 号: ISBN 978-7-80227-295-8

定 价: 38.00 元

本社网址: www.jcbs.com.cn

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010)88386906

前 言

高压喷射注浆技术 (High Pressure Jet Grouting), 是日本 20 世纪 60 年代末期创造出来的一种全新的施工方法, 当时定名为 CCP (Chemical Charming Pile) 工法, 即单管法。在 70 年代中期, 日本又开发出 JPG (Jumbo Special Grout) 工法, 即二重管法、CJG (Column Jet Grout) 工法, 即三重管法。70 年代末期, 高压喷射注浆技术开始在国内得到迅速发展, 但主要在铁路、冶金和市政等部门用于提高地基承载力, 进行建筑物的地基加固处理。20 世纪 80 年代初开始, 山东省水利科学研究院在土坝静压灌浆和高压旋喷桩的基础上, 进行高压喷射注浆防渗技术的研究。1988 年国家科委将其列为重点研究、推广项目后, 我国的高压喷射注浆技术有了很大进展。

高压喷射注浆是一种处理软土地基的新技术, 适用于建筑物的地基补强、防沉陷、防倾斜、防渗透、防砂基液化及地基隆起等。该技术的原理是利用工程钻机, 将灌浆管置于预计的地基加固深度, 在灌浆管的下部, 装有特制的喷具, 可在水平或下倾方向上喷射 30MPa 以上的高压水、气细射流。灌浆管不断缓慢提升, 同时还可摆动或旋转, 对土体进行切割与搅拌, 并充填固化剂, 待土体固化后, 便可在地下形成符合要求的板墙或桩体。板墙厚度可为 0.07~1.0m, 桩体直径最大可达 2 米多。数个板或桩相交, 便形成地下连续墙。我国自引进高压喷射注浆技术以来, 经过多年的研究、发展及应用, 应用该技术日趋成熟。

高压喷射注浆是通过射流作用强制性破坏原地层结构, 不存在一般静压注浆的可灌性问题。只要高压射流能破坏的细砂层、极细砂层、黏土层等均可处理, 对块、卵石层的较大孔隙及集中渗漏的空间, 以各种射流机理加之绕流、位移、包裹等作用, 便可将地层颗粒或级配料予以充填、封堵。高压喷射注浆板墙具有良好的连接性能, 板墙自身及它与建筑物在上下、左右、前后能实现三维空间连接; 可通过新高压喷射流将老板墙或地下原有构筑物表面冲刷干净并与其凝结, 从而牢固地凝结为一体。该工艺对施工场地要求不高, 不需要对地层进行开挖, 而通过在钻孔内的任何高度上采用不同方向、不同喷射形式, 可按设计要求喷射成各种形状的凝结体; 可穿过坝体、涵洞等建筑物对数十米下的砂砾层、隐患进行处理; 也可在水上对水下隐患进行处理, 对高喷形成板墙的物理力学指标也可人为通过浆液予以调整。因此, 高压喷射注浆在各个工程领域应用十分广泛。

高压喷射注浆技术既是应用很广的一种地基处理方法, 又是一种工艺艺术, 工程师们可以利用该技术在地基处理、防参加固工程中绘制出优美的施工图案。高压喷射注浆技术具有设备简单、施工方便、速度快、节省材料、效率高、成本低、操作简单、适用范围广等优点, 在土木工程、水利工程、矿山工程、环境工程等领域都有广泛的应用。

本书是研究高压喷射注浆技术原理、工艺与应用的专门著作, 是国家“十一五”科技支撑计划重大课题“复杂富水矿床开采关键技术开发与研究”(2006 BAB 02A01) 的部分成果。该书具有如下两大特点:

一是内容系统全面, 立意新颖。全书内容包含三部分, 即高压喷射注浆技术的原理与工

艺、高压喷射注浆技术的应用、高压喷射注浆技术的问题探索与发展展望。具体内容有 10 章, 分别为高压喷射注浆技术的基本原理、高压喷射注浆的设备与材料、高压喷射注浆技术的设计与计算、高压喷射注浆技术的施工与质检、高压喷射注浆技术在水利工程领域中的应用、高压喷射注浆技术在土木工程领域中的应用、高压喷射注浆技术在矿山工程领域中的应用、高压喷射注浆技术在环境工程领域中的应用、高压喷射注浆技术的问题与处理、高压喷射注浆技术发展展望。

二是应用案例丰富, 实用性强。本书以理论与实践相结合为原则, 在详细阐述高压喷射注浆技术原理、工艺的同时, 以各类典型的工程实例为基础, 论述了该技术在土木工程、水利工程、矿山工程、环境工程等领域的应用, 可供从事土木工程、水利工程、矿山工程、环境工程专业的设计、施工、科研人员学习参考, 也可作为高等院校交通土建专业、水利工程专业的教学参考书。

本书是烟台大学李相然教授、青岛理工大学贺可强教授多年合作研究的结晶。烟台大学李相然教授编写了第一章、第四章~第六章、第八章~第十章; 青岛理工大学贺可强教授编写了第二章、第三章、第七章。全书由李相然统一修改、定稿。

本书最终成形, 离不开有关各方的大力支持与帮助。编写过程中, 西北综合勘察设计院赵春富高工、山东省地矿局第三地质大队刘殿浩总工、山东省烟台地质环境监测站刘炜金站长、山东岩土工程勘察总公司门树宁高工等为本书提供了许多宝贵资料, 在此谨表示真挚的谢意! 烟台大学土木工程学院时向东高工, 学生夏霖、王玉红、于得水、孙旭生、刘凌志山东省地质环境与效应工程技术研究中心郭栋等为本书收集了许多实际工程资料。烟台大学张友香老师为本书图表的整理、打印、校对付出了辛勤劳动, 在此深表谢忱。本书引用了许多书刊的图、表、公式、定义等, 有的在各章节中注有出处, 有的在参考文献中列出, 在此向引用的参考文献的作者致以谢意。

由于作者水平有限, 遗误之处在所难免, 恳请各位专家、同行、读者提出宝贵意见和建议。

编 者
2007 年 6 月

目 录

上篇 高压喷射注浆技术的原理与工艺

第一章 高压喷射注浆技术的基本原理	2
第一节 高压喷射注浆法的定义与种类	2
一、高压喷射注浆法的定义	2
二、高压喷射注浆法的种类	3
第二节 高压喷射注浆法的特征与适用性	5
一、高压喷射注浆的技术优势	5
二、高压喷射注浆法的主要特征	5
三、高压喷射注浆法的适用条件	7
(一) 土质条件	7
(二) 应用范围	7
(三) 研究应用现状	7
第三节 高压喷射注浆法的机理	9
一、高速喷射流的流体力学特性	9
(一) 高压喷射流的性质	9
(二) 高压喷射流的种类及其构造	11
二、高压喷射注浆的作用机理	13
(一) 高压喷射流对土体的破坏作用	13
(二) 高压喷射注浆的作用机理	14
第四节 高压喷射固结体的基本性状及其影响因素	14
一、水泥与土体的固结机理	14
二、固结体尺寸及影响因素	15
三、固结体的基本性质	18
(一) 固结体形状	18
(二) 固结体重度	19
(三) 固结体的渗透系数	19
(四) 固结体强度	19
(五) 单桩承载力	19
四、高压喷射注浆凝结体的性能	20
(一) 物理力学性能	20

(二) 防渗性能	21
(三) 变形适应性能	21
第二章 高压喷射注浆的设备与材料	22
第一节 高压喷射注浆的施工设备及性能特点	22
一、施工设备的构成系统	22
(一) 造孔系统	22
(二) 供水系统	23
(三) 供气系统	23
(四) 供浆系统	23
(五) 喷灌装置	23
(六) 提升机架系统	23
(七) 旋摆机构	23
二、主要施工机具	24
(一) 造孔设备	24
(二) 高压水泵	25
(三) 高压泥浆泵	25
(四) 空压机	26
(五) 搅浆机	26
(六) 灌浆泵	26
(七) 喷射装置	26
(八) 喷射台车	29
三、监测仪表	30
第二节 高压喷射注浆材料及配方	30
一、浆液材料的分类及配方	31
(一) 普通型水泥浆	31
(二) 速凝早强型水泥浆	31
(三) 高强型水泥浆	32
(四) 填充型水泥浆	32
(五) 抗冻型水泥浆	32
(六) 抗渗型水泥浆	33
(七) 黏土型水泥浆	33
(八) 微胀型水泥浆	33
二、注浆材料的使用数量	34
(一) 体积法	34
(二) 喷量法	35
三、择用浆液的原则	35
(一) 工程强度要求	35
(二) 固化时间要求	35

(三) 材料来源	35
第三章 高压喷射注浆技术的设计与计算	36
第一节 概述	36
一、高压喷射注浆工法的一般规定与要求	36
二、高压喷射注浆设计的总体要求	37
第二节 高压喷射注浆设计前的工程勘察	38
一、岩土工程勘察	39
(一) 岩土工程勘察内容	39
(二) 钻孔间距	39
(三) 钻孔深度	39
(四) 绘制柱状图和地质剖面图	39
二、环境调查	39
第三节 高压喷射注浆技术参数与布孔设计	40
一、技术参数的设计	40
(一) 喷射直径的估计	40
(二) 单桩承载力	40
(三) 固结土强度的设计	40
二、布孔设计	41
(一) 堵水防渗	41
(二) 加固地基	42
第四节 高压喷射注浆设计程序与方法	42
一、设计程序	42
二、固结体尺寸与强度设定	43
(一) 固结体尺寸设定	43
(二) 固结体强度设定	43
三、承载力的确定与变形计算	43
(一) 单桩竖向承载力	43
(二) 旋喷桩复合地基承载力	43
(三) 复合地基变形计算	43
四、喷射注浆材料、配方与浆液量计算	44
五、高压喷射注浆孔设计	44
第五节 高压喷射注浆防渗止水帷幕的设计	46
一、防渗止水帷幕的形式	46
(一) 柱列型	46
(二) 柱墙型	46
(三) 定喷防渗帷幕	46
(四) 摆喷防渗帷幕	46
(五) 复合型防渗帷幕	46

二、防渗止水帷幕设计	47
(一) 高压喷射注浆孔的孔距计算	47
(二) 插入深度确定	47
第四章 高压喷射注浆技术的施工与质检	50
第一节 高压喷射注浆的施工准备与施工工序	50
一、组织与准备工作	50
二、施工工艺	50
(一) 钻机就位	51
(二) 钻孔	51
(三) 下注浆管	51
(四) 喷射注浆作业	52
(五) 冲洗器具	52
(六) 回填注浆	52
三、施工要点	52
第二节 施工质量管理与要求	53
一、施工质量管理	53
(一) 施工质量控制	53
(二) 施工技术管理	53
(三) 施工安全操作管理	54
二、高压旋喷承重桩的施工管理	54
(一) 保证桩径施工质量对策	54
(二) 保证桩身强度施工对策	55
三、高压喷射注浆的施工要求	56
第三节 高压喷射注浆的质量检验与施工监理	58
一、质量检验的主要内容	58
二、质量检验的数量与方法	58
(一) 检验点布置	58
(二) 检测方法	58
三、质量检验的要求	59
四、施工监理	60

中篇 高压喷射注浆技术的应用

第五章 高压喷射注浆技术在水利工程领域中的应用	62
第一节 高压喷射注浆技术在堤防工程防渗中的应用	62
一、辽河河堤防渗加固中的应用	62

(一) 工程概况	62
(二) 工程处理方案设计	63
(三) 高压喷射注浆的施工	64
(四) 工程质量及效果	64
二、长江堤防的垂直防渗工程实践	65
(一) 垂直防渗工程建设的背景	65
(二) 长江堤防垂直防渗工程规模及实施情况	65
(三) 垂直防渗工程的设计	65
(四) 垂直防渗工程主要施工工法和技术	66
第二节 高压喷射注浆技术在水库防渗和除险加固中的应用	68
一、高压喷射注浆技术在水库防渗加固研究与实践中的意义	68
二、在水库防渗中的应用	68
(一) 高压喷射注浆工程设计	68
(二) 高压喷射注浆施工	70
(三) 灌浆质量检测	71
三、在水库除险加固中的应用	72
(一) 高喷灌浆防渗板墙施工设备及施工工艺	72
(二) 用围井试验确定施工参数	72
(三) 高喷防渗板墙的施工	73
(四) 特殊情况处理	73
第三节 高压喷射注浆技术在坝基渗漏处理中的应用	73
一、在坝肩渗漏处理中的应用	74
(一) 地质概况	74
(二) 高喷灌浆截渗板墙的设计与施工	75
(三) 高喷灌浆效果分析	76
二、在水利枢纽主坝接缝渗漏处理中的应用	77
(一) 高喷灌浆施工的机具设备	77
(二) 高喷灌浆施工工艺及参数	78
(三) 施工质量检查	78
第四节 高压喷射注浆技术在地下水库截渗坝建设中的应用	79
一、青岛崂山石人河地下水库截渗坝的施工实践	79
(一) 工程概况	79
(二) 工程地质水文地质条件	80
(三) 高喷建坝技术指标	81
(四) 高喷建坝施工工艺	81
(五) 高喷灌浆围井试验	81
(六) 工程布置及参数选择	81
(七) 工程特殊情况处理	82
(八) 质量检查及效果分析	82

二、烟台夹河地下水库截渗坝的设计与施工实践	83
(一) 工程概况与场地水文地质和工程地质条件	83
(二) 卵砾石层中地下截渗坝设计参数的确定	85
(三) 卵砾石层中地下截渗坝施工参数的确定	86
(四) 地下帷幕坝施工工艺与质量控制	88
(五) 效果分析与结论	90
第五节 高压喷射注浆技术在围堰施工中的应用	90
一、在水利枢纽围堰施工中的应用	90
(一) 工程概况	90
(二) 高喷灌浆施工布置	91
(三) 施工工艺及流程	91
(四) 高喷灌浆施工	91
(五) 高压摆喷施工中易出现的问题及解决方法	93
二、在船坞围堰施工的应用	93
(一) 新二重管法简介	93
(二) 工程概况及地质、水文条件	94
(三) 围井试验	94
(四) 施工工序及基本参数	97
(五) 工程施工难点及应对措施	97
(六) 帷幕效果及结论	99
第六节 高压喷射注浆技术在水闸地基纠偏与加固中的应用	100
一、高压喷射注浆技术在水闸地基加固和纠偏中的重要性	100
二、高压喷射注浆技术纠偏基本原理	101
(一) 迫降机理分析	101
(二) 高压喷射纠偏机理	102
三、在水闸地基纠偏中的应用	103
(一) 工程基本情况	103
(二) 工程加固方案选定	105
(三) 水闸地基的加固施工	106
(四) 深层掏土纠偏施工	108
(五) 加固和纠偏效果分析	110
四、在闸桥底板地基加固中的应用	112
(一) 工程概况	112
(二) 渗流破坏原因	114
(三) 防渗加固方案	115
(四) 施工技术及现场布置	115
(五) 防渗加固施工方法	115
(六) 质量检查及防渗加固效果	118

第六章 高压喷射注浆技术在土木工程领域中的应用	119
第一节 高压喷射注浆技术在特殊地基处理中的应用	119
一、在软土地基处理中的应用	119
(一) 高压喷射注浆技术在软土地基处理中的应用前景	119
(二) 工程应用实例分析	120
二、高喷灌浆技术在流砂地层的固沙、补强中的应用	122
(一) 工程概况	122
(二) 设计要求	123
(三) 施工工艺	123
(四) 质量检测	123
第二节 高压喷射注浆技术在基坑工程护坡防渗加固中的应用	124
一、目前基坑防渗常用的几种工艺及其结构形式	124
(一) 目前基坑防渗常用的几种工艺比较	124
(二) 基坑防渗帷幕的几种结构形式	125
二、高压喷射注浆技术应用于护坡防渗工程的条件、要求	127
(一) 护坡防渗中“高喷”与钻孔灌注桩的结合	127
(二) 护坡防渗对“高喷”板墙的要求	127
(三) 护坡防渗施工中应注意的几个问题	128
(四) 深基坑高喷灌浆防渗加固技术	129
三、高压喷射注浆技术在地下开挖防渗止水中的应用	132
(一) 工程概况	132
(二) 地质条件	132
(三) 高喷灌浆的设计与施工	133
(四) 防渗止水效果分析	134
四、高压喷射注浆技术在基坑工程防渗帷幕的施工实践	135
(一) 武汉建银大厦基坑防渗帷幕工程	135
(二) 北京嘉利来世贸中心基坑桩间高喷止水工程	141
(三) 烟台商检大厦基坑高喷防渗帷幕工程	149
(四) 华通电脑惠州厂房深层搅拌法与高压旋喷注浆法防渗工程	154
(五) 郑州金博大城高压喷射注浆防渗帷幕工程	156
第三节 高压喷射注浆技术在地基变形加固中的应用	161
一、高压喷射注浆技术在建筑物、构筑物地基变形加固中的应用	161
(一) 办公楼不均匀沉降的地基加固	161
(二) 高炉倾斜的地基加固	163
二、高压喷射注浆技术在大型油罐的基础加固实践	168
(一) 油罐不均匀沉降概况	168
(二) 油罐加固处理方案	169
(三) 工程布置与施工工艺	169

第四节 高压喷射注浆技术在地铁隧道加固中的应用	171
一、广州地铁基坑内土体加固	172
(一) 工程概况	172
(二) 工程地质条件	172
(三) 高压旋喷注浆的设计	173
(四) 高压旋喷桩的施工	173
(五) 施工效果	174
二、南京地铁隧道地基加固	174
(一) 工程概述	174
(二) 工程地质条件	175
(三) 高压旋喷桩地基加固	176
(四) 高压旋喷桩施工工艺优化	176
第五节 高压喷射注浆技术在桩基工程缺陷的处理加固实践	178
一、桥墩基础旋喷压浆固结处理钻孔灌注桩塌孔	178
(一) 钻孔灌注桩塌孔的处理分析	179
(二) 旋喷固结工艺	179
二、钻孔灌注桩断桩的加固处理	182
(一) 断桩情况	182
(二) 断桩处理方案研讨	182
(三) 旋喷防渗帷幕桩的基本原理	183
(四) 旋喷防渗帷幕桩设计要点	183
(五) 旋喷防渗帷幕桩的施工	184
(六) 旋喷防渗帷幕桩处理断桩的效果验证	185
第七章 高压喷射注浆技术在矿山工程领域中的应用	186
第一节 高压喷射注浆技术在矿山边坡防渗中的应用	186
一、姑山矿采矿场东帮概述	186
二、采矿场东帮工程地质、水文地质条件	187
(一) 地层状况	187
(二) 水文地质条件	188
(三) 影响边坡及河堤稳定性的因素	189
三、防渗加固墙的设计思路与方案	190
(一) 主要设计思路	190
(二) 防渗加固总体方案	190
四、方案的比较和优化	191
(一) 东帮边坡的安全性	191
(二) 成本概算	192
(三) 对环境的影响	193
(四) 姑山矿的可持续发展	194

(五) 环境条件的制约	194
(六) 结论	194
第二节 高压喷射注浆技术在矿山堵水、防排水工程中的应用	195
一、在矿山堵水中的应用	195
(一) 高压喷射注浆技术在露天开采矿山堵水中的应用	195
(二) 高压喷射注浆技术在地下开采矿山堵水中的应用	197
二、在矿山防排水中的应用	203
(一) 高压喷射注浆截水方案设计	203
(二) 高压喷射注浆工程施工情况	204
(三) 防渗效果的检查	205
第三节 高压喷射注浆技术在矿山海泥和流砂治理中的应用	206
一、矿区概况	206
二、海泥、流砂治理	206
(一) 治理方法	206
(二) 高压喷射注浆技术参数设计确定	207
第四节 高压喷射注浆技术在矿山建井止水工程中的应用	208
一、在竖井井筒止水工程中的应用	208
(一) 某井筒工程地质及水文地质条件	208
(二) 注浆方案设计	208
(三) 注浆止水效果	211
(四) 有待进一步改进的几个问题	211
二、在斜井止水工程中的应用	212
(一) 工程地质概况	212
(二) 高压旋喷注浆方案和注浆机理	212
(三) 注浆施工工艺	213
(四) 注浆效果	213
第八章 高压喷射注浆技术在环境工程领域中的应用	214
第一节 高压喷射注浆技术在垃圾填埋场防渗处理中的应用	214
一、垃圾填埋场的典型防渗技术	214
(一) 填埋场防渗系统的分类与标准	215
(二) 垂直防渗系统及其施工方法	215
二、填埋区防渗工程设计与施工	217
(一) 场区水文地质条件	217
(二) 一期填埋区总体设计	218
(三) 防渗工程的设计与施工	218
(四) 高压喷射注浆防渗效果评价	219
第二节 高压喷射注浆技术在城市河道治理中的应用	220
一、工程试喷	220

(一) 工程地质概况	220
(二) 试喷工艺	220
(三) 板墙开挖质量检验	221
(四) 围井注水试验	221
(五) 渗透系数计算	222
(六) 试喷结论	222
二、施工质量保证技术措施	222
(一) 确定隔水层深度	223
(二) 孔斜率	223
(三) 高喷操作	223
三、质量检查	223
(一) 围井注水试验	223
(二) 开挖削顶检查	223
第三节 高压喷射注浆技术在污水管道围封与加固中的应用	224
一、在污水管道变形加固中的应用	224
(一) 工程概况	224
(二) 加固工程方案及设计	225
(三) 管线地下位置探测	227
(四) 单孔试验	227
(五) 试验工程	228
(六) 施工经过及结果	229
(七) 质量检验和检测	230
二、在大口径污水管道渗漏围封加固中的应用	230
(一) 工程概况	230
(二) 场地条件	231
(三) 堵漏措施	231
(四) 高压喷射注浆围封技术	231
(五) 工程加固效果	234
第四节 高压喷射注浆技术在污水库防渗加固处理中的应用	235
一、工程概况	235
(一) 基本情况	235
(二) 工程地质与水文地质条件	235
(三) 渗漏原因分析	236
二、防渗加固处理	237
第五节 高压喷射注浆技术在环境岩土工程问题治理中的应用	238
一、高压注浆预应力锚固技术加固失稳挡土墙作用机理分析	238
(一) 高压注浆加固土体的力学机理	238
(二) 高压注浆改善挡土墙后土体性质作用机理	238
(三) 高压注浆现场试验及分析	239

(四) 预应力锚杆加固力学机理	239
(五) 土层高压注浆提高预应力锚杆承载力作用机理	239
(六) 挂网喷射混凝土加固作用机理	240
二、在失稳加筋土挡土墙加固中的应用	241
(一) 工程加固方案	241
(二) 工程加固效果	241
三、在路堑边坡失稳加固中的应用	242
(一) 加固方案	242
(二) 稳定性分析	243
四、在路基病害治理中的应用	248
(一) 既有线路基病害原因分析	248
(二) 路基病害整治措施	248
(三) 柔性钻高压旋喷注浆技术介绍	249
(四) 柔性钻高压旋喷注浆的应用	249

下篇 高压喷射注浆技术的问题探索与发展展望

第九章 高压喷射注浆技术的问题与处理	252
第一节 高压喷射注浆的施工方案确定问题	252
一、水文、工程地质资料的获取	252
二、模拟试验	252
(一) 试验模型的建造	252
(二) 围井试验	253
三、高压喷射注浆孔的布置形式和施工参数的确定	253
第二节 高压喷射注浆的施工材料与施工工艺问题	254
一、灌浆材料	254
二、水泥消耗过大问题	254
三、材料改进更新问题	254
四、施工工艺与劳动强度问题	255
第三节 高压喷射注浆施工质量的控制问题	255
一、影响施工质量的主要因素	255
(一) 施工准备不足	255
(二) 施工参数不合理	255
(三) 施工操作、工序不当	255
(四) 使用不合格材料	256
(五) 设备残旧老化	256
(六) 地层因素	256

(七) 管理缺失	256
二、预防与控制措施	256
(一) 加强施工组织设计, 提高人员素质	256
(二) 保证施工设备的完好率	257
(三) 加强管理, 规范施工行为	257
(四) 加强材料查验, 把好材料质量关	257
(五) 加强施工质量自检, 提高质量保证率	258
三、施工问题的处理措施	258
(一) 不冒浆或断续冒浆	258
(二) 大量冒浆压力稍有下降	258
(三) 压力骤然上升	258
(四) 流量不变而压力突然下降或排量达不到要求	259
第四节 高压喷射注浆的工艺创新及与其他工法的配合应用问题	259
一、高压喷射注浆技术的工艺创新问题	259
(一) 卵石层应用问题	259
(二) 水中高压喷射问题	259
(三) 参数自动记录仪器	260
二、高压喷射注浆技术与其他工法的配合使用问题	260
(一) 工程概况	261
(二) 加固纠偏设计	261
(三) 施工情况	262
(四) 全面联合注浆加固	263
(五) 加固纠偏效果及评价	264
第十章 高压喷射注浆技术发展展望	265
第一节 水平旋喷及其发展	265
一、水平旋喷技术的基本原理与工艺	265
(一) 水平旋喷概况	265
(二) 水平旋喷施工顺序及工艺	265
(三) 水平旋喷机具和浆料	267
二、水平旋喷技术的应用	268
(一) 工程概况	268
(二) 场地工程水文地质条件	269
(三) 工程布置	270
(四) 施工方案及方法	271
(五) 施工程序及步骤	271
(六) 质量问题及处理	273
(七) 工程质量检查	273
三、水平旋喷技术的发展	273